

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

Rec'd PCT/PTO 18 MAR 2005

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. April 2004 (22.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/033154 A1(51) Internationale Patentklassifikation:  
5/04, 7/00

B24C 1/00,

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: KLIPP, Jens, Werner [DE/DE]; Klashofsiedlung  
3, 33659 Bielefeld (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007011

(22) Internationales Anmeldedatum:

1. Juli 2003 (01.07.2003)

(74) Anwalt: WIEBUSCH, Manfred; Ter-Meer Steinmeister  
& Partner GBR, Artur-Ladebeck-Strasse 15, 33617 Bielefeld (DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

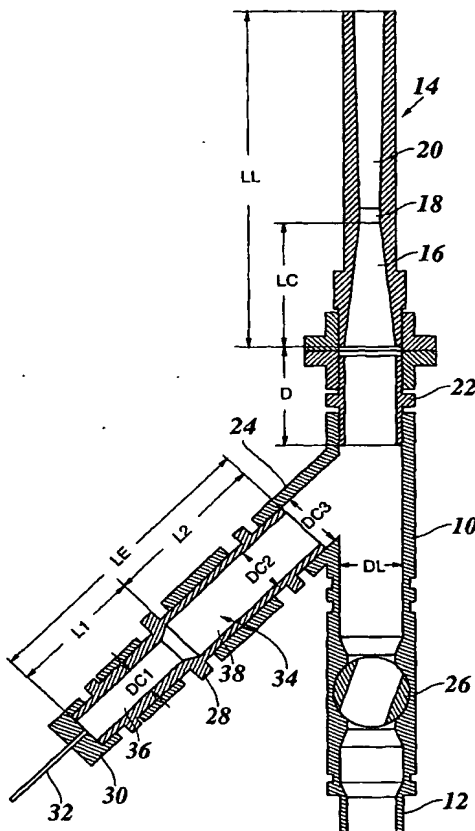
(30) Angaben zur Priorität:

102 43 693.2	20. September 2002 (20.09.2002)	DE
102 61 013.4	24. Dezember 2002 (24.12.2002)	DE
103 05 269.0	7. Februar 2003 (07.02.2003)	DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR JET CLEANING

(54) Bezeichnung: STRAHLVERFAHREN UND -VORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention concerns a method for cleaning surfaces by spraying, whereby a carrier gas is driven under pressure into a jet spray conduit (10) towards a jet nozzle (14), liquid CO<sub>2</sub> being supplied by a feed conduit (32). Upon expansion, said gas is transformed into carbon dioxide snow and passes through the jet spray conduit (10). The invention is characterized in that the CO<sub>2</sub> travels in the feed conduit (32) towards the jet spray conduit (10) passing through an enlarged expanding space (34).

(57) Zusammenfassung: Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung (10) zu einer Strahldüse (14) zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung (32) zugeführt, durch Entspannung in Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung (10) eingespeist wird, dadurch gekennzeichnet, dass das CO<sub>2</sub> aus der zuleitung (32) über einen im Querschnitt erweiterten Expansionsraum (34) in die Strahlleitung (10) eingeleitet wird.

BEST AVAILABLE COPY



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**STRAHLVERFAHREN UND -VORRICHTUNG**

Die Erfindung betrifft ein Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung einer Strahldüse zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung zugeführt, durch Entspannung in Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung eingespeist wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein Strahlverfahren dieser Art wird in US 5 616 067 A beschrieben. Das CO<sub>2</sub> wird in flüssiger Form in eine Ringkammer eingeleitet, die die von Druckluft durchströmte Strahlleitung umgibt, und wird von dort über einen Kranz konvergierender Kapillaren in die Strahlleitung zugeführt, so daß die Entspannung erst bei Eintritt in die Strahlleitung stattfindet. Der auf diese Weise entstehende Trockenschnee wird von der Druckluft mitgeführt und beschleunigt und über die Strahldüse auf das zu reinigende Werkstück abgegeben. Dieses Verfahren dient insbesondere zum schonenden Reinigen von druckempfindlichen Oberflächen, beispielsweise von elektronischen Schaltungsplatinen.

Aus US 5 679 062 ist ein Strahlverfahren bekannt, bei dem gasförmiges oder flüssiges CO<sub>2</sub> oder ein Gas-Flüssigkeits-Gemisch am Auslaß einer Düse entspannt und in eine erweiterte Wirbelkammer eingeleitet wird, in der ein Teil des gasförmigen und/oder flüssigen CO<sub>2</sub> in Trockenschnee umgewandelt wird. Der Auslaß der Wirbelkammer ist unmittelbar an eine Strahldüse angeschlossen. Als Trägergas dient hier nur das zugeführte oder durch Verdampfung entstehende gasförmige CO<sub>2</sub>.

In US 5 725 154 A wird ein Strahlverfahren beschrieben, bei dem Trockenschnee durch Entspannung von flüssigem CO<sub>2</sub> mit Hilfe eines Entspannungsventils erzeugt wird. Der Trockenschnee wird über einen dünnen Schlauch, der koaxial von einem Schlauch zur Zufuhr des Trägergases umgeben ist, einer Strahlpistole zugeführt, die dann ein Gemisch aus Trägergas und Trockenschnee abgibt.

Aus WO 00/74 897 A1 ist eine Strahlvorrichtung bekannt, bei der flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Kapillare zugeführt wird, die in einer sich konisch erweiternden Düse mündet, deren Durchmesser zum Auslaß hin auf etwa das 3-fache des Durchmessers der Kapillare zunimmt. Diese Düse ist von einer ringförmigen Laval-

Düse umgeben, in der das unter Druck zugeführte Trägergas auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird. Die Mündungen der CO<sub>2</sub>-Düse und der Laval-Düse liegen auf gleicher Höhe, so daß zwei konzentrische Strahlen abgegeben werden, nämlich ein innerer Strahl, der vorwiegend aus Trockenschnee besteht, und ein Mantelstrahl, durch den der Trockenschnee außerhalb der Düse beschleunigt werden soll.

Auch in Anwendungsfällen, bei denen größere Oberflächen, beispielsweise die Innenflächen von Rohren oder Kesseln in Industrieanlagen, von festsitzenden Verkrustungen befreit werden sollen, ist je nach Beschaffenheit der Verkrustungen vielfach der Einsatz von Trockeneis oder Trockenschnee als Strahlmittel wünschenswert, weil die niedrige Temperatur des Trockeneises oder Trockenschnees zu einer Versprödung des abzulösenden Materials führt. Wenn Trockenschnee-Partikel mit genügend hoher kinetischer Energie in die abzulösende Schicht eindringen, entsteht ein zusätzlicher Reinigungseffekt dadurch, daß die Trockenschnee-Partikel beim Eindringen in die abzulösende Schicht schlagartig verdampfen und so Teile der abzulösenden Schicht absprengen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß kein zusätzlicher Aufwand für die Entsorgung des gebrauchten Strahlmittels erforderlich ist, weil der Trockenschnee zu gasförmigem CO<sub>2</sub> verdampft.

Die Eingangs beschriebenen Strahlverfahren sind jedoch für diese Anwendungsfälle nicht geeignet, weil die erreichbaren Volumenleistungen und Strahlgeschwindigkeiten nicht ausreichen und/oder weil der Trockenschnee nicht in ausreichender Menge entsteht oder nicht die richtigen Konsistenz hat, so daß die kinetische Energie der Trockenschnee-Partikel zu gering ist.

Für die Reinigung von größeren, stark verunreinigten Oberflächen werden deshalb bisher Strahlanlagen eingesetzt, bei denen Trockeneis oder Trockenschnee in fester Form in geeigneten Kühlbehältern bereitgestellt und in eine Druckluftströmung eindosiert wird. Die Druckluft und der als Strahlmittel dienende Trockenschnee werden dann gemeinsam über einen Druckschlauch abgegeben, der die Strahlanlage mit der Strahldüse verbindet. Strahlvorrichtungen und -verfahren dieser Art erfordern jedoch einen hohen Installationsaufwand und entsprechend hohe Anlagekosten sowie einen hohen Aufwand für die Bevorratung des Trockenschnees.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, Strahlverfahren und Strahlvorrichtungen zu schaffen, mit denen bei geringem Aufwand hohe Strahlleistungen und eine hohe Reinigungswirkung erzielbar sind.

- 5 Diese Aufgabe wird mit den in den unabhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen gelöst.

Erfindungsgemäß wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art das CO<sub>2</sub> aus der Zuleitung über einen erweiterten Entspannungsraum in die Strahl-  
10 leitung eingeleitet.

Überraschend hat sich gezeigt, daß durch geeignete Dimensionierung des Entspannungsraumes und/oder durch geeignete Verfahrensführung die Entstehung großer Mengen an Trockenschnee mit hoher Reinigungswirksamkeit erreicht werden kann. Dabei lassen sich insbesondere auch hohe Volumenleistungen von 0,75 bis 10 m<sup>3</sup>/min oder mehr erzielen, so daß auch größere oder stark verunreinigte Oberflächen effizient gereinigt werden können. Da der als Strahl-  
15 mittel dienende Trockenschnee erst unmittelbar bei Anwendung des Strahlverfahrens aus flüssigem CO<sub>2</sub> erzeugt wird, lassen sich die bisher erforderlichen hohen Kosten für die Strahlanlagen und die für die Bereitstellung des Trockenschnees einsparen.  
20

Gemäß einer Ausführungsform wird die Entstehung von stark abrasivem Trockenschnee oder Trockeneis einfach dadurch erreicht, daß der Entspannungs-  
25 raum ein hinreichend großes Volumen aufweist. In Versuchen konnte durch Vergrößerung des Entspannungsraumes unter sonst gleichen Bedingungen eine Vervielfachung der Reinigungswirkung erreicht werden. Dieses überraschende Phänomen ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß es in dem größeren Entspannungsraum zwischen der Mündung der Zuleitung und der Einspeisungs-  
30 stelle in die Strahlleitung zu einer vorübergehenden Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit und damit zu einer Zunahme der Partikeldichte kommt, so daß die zunächst bei der Entspannung fein zerstäubten Trockenschnee-Partikel zu größeren Partikeln agglomerieren oder kondensieren, bevor sie von der Strömung des Trägergases mitgerissen werden. Auf diese Weise entstehen Trockenschnee-Partikel mit größerer Masse, die dann aufgrund ihrer höheren kineti-  
35 schen Energie eine hohe Reinigungswirkung entfalten.

Für das Volumen  $V$  des Entspannungsraumes bezogen auf die Querschnittsfläche  $A$  der Zuleitung für das flüssige  $\text{CO}_2$  sollte dann die Beziehung gelten:

$$V^{1/3}/A^{1/2} > 3 \text{ oder vorzugsweise } V^{1/3}/A^{1/2} > 10.$$

5

Alternativ kann das Volumen  $V$  des Entspannungsraumes auch auf den Durchsatz  $\varphi$  an flüssigem  $\text{CO}_2$  bezogen werden. In diesem Fall sollte gelten:

$$V/\varphi > 0,2 \text{ m}^3 \text{ s/kg, vorzugsweise } V/\varphi > 0,6 \text{ m}^3 \text{ s/kg.}$$

- 10 Das Verfahren ist auch bei kleinerem Volumen des Entspannungsraumes durchführbar, wenn das kleinere Volumen durch einen höheren Druck und entsprechend einen größeren Durchsatz des Trägergases kompensiert wird und/oder wenn der Entspannungsraum eine ausreichende Länge hat, beispielsweise eine Länge von mindestens 15 oder 30 mm.

15

Als ein wesentlicher Faktor für die Entstehung von stark abrasiven Trockeneispartikeln wird die in dem Entspannungsraum herrschende Temperatur angesehen. Diese Temperatur sollte möglichst niedrig sein, vorzugsweise unter  $-40^\circ\text{C}$ . Wenn das erfindungsgemäße Verfahren mit einem hinreichend hohen

- 20 Trägergasdurchsatz durchgeführt wird (z. B.  $0,75 \text{ m}^3/\text{min}$ ) und wenn der Durchsatz an flüssigem  $\text{CO}_2$  in einem optimalen Verhältnis zum Luftdurchsatz steht, beispielsweise in der Größenordnung von 0,1 bis 0,4 kg  $\text{CO}_2$  pro Kubikmeter Trägergas (Volumen unter Atmosphärendruck), ist die durch Verdampfung von  $\text{CO}_2$  entstehende Kühlwirkung offenbar so groß, daß der Entspannungsraum auf einer hinreichend niedrigen Temperatur gehalten wird.

25

Durch eine gute Wärmeisolierung des Entspannungsraumes kann die Kühlwirkung effizienter genutzt und somit eine noch tiefere Temperatur im Entspannungsraum erreicht und/oder das Entspannungsvolumen verringert werden.

- 30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird deshalb der Entspannungsraum thermisch gegenüber der Umgebung isoliert, so daß sich die gewünschte hohe Reinigungswirkung auch bei kleinem Entspannungsraumvolumen und kleinen Durchsätzen erzielen läßt. Dabei erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Zuleitung für das flüssige  $\text{CO}_2$  ebenfalls thermisch gegenüber der
- 35 Umgebung isoliert ist und mit den Wänden des Entspannungsraumes in gutem thermischen Kontakt steht (z. B. durch einen Wärmetauscher), so daß schon in

der Zuleitung eine gewisse Vorkühlung des flüssigen CO<sub>2</sub> stattfindet.

In Experimenten wurde beobachtet, daß sich an den Wänden des Entspannungsraumes und/oder an den Wänden der Strahlleitung, gegebenenfalls bis in die Strahldüse hinein, schon nach kurzer Betriebsdauer eine verhältnismäßig feste Kruste aus Trockeneis abgelagert. Diese Trockeneiskruste verstärkt die thermische Isolierung und Kühlung des Entspannungsraumes und kann auch direkt an der Entstehung verhältnismäßig grobkörniger und harter Trockeneispartikel mit entsprechend hoher Reinigungswirkung beteiligt sein. Wenn der durch die Entspannung des flüssigen CO<sub>2</sub> zunächst entstehende Trockenschnee verwirbelt wird, prallt er mit hoher Geschwindigkeit auf die Wände des Entspannungsraumes und/oder der Strahlleitung, so daß sich dort die erwähnte, relativ stark verdichtete Kruste aufbaut. Andererseits bewirkt die Wärmezufuhr über die Wände des Entspannungsraumes und der Strahlleitung und die dadurch eintretende Sublimation des CO<sub>2</sub> eine Lockerung der Kruste. Insgesamt erhält die Kruste so eine inhomogene, körnige und relativ brüchige Struktur, mit der Folge, daß durch das mit hoher Geschwindigkeit vorbeiströmende Trägergas ständig grobe Trockeneispartikel von der Kruste abgelöst werden und einen Bestandteil des Strahlmittels bilden.

Die erwünschte Entstehung einer solchen Trockeneiskruste kann durch das Vorhandensein von Störkanten im Strömungsweg und durch die dadurch eintretende Verwirbelung des Trockenschnees herbeigeführt oder unterstützt werden. Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist deshalb die Strahlvorrichtung mindestens eine Störkante im Strömungsweg zwischen der Einmündungsstelle der Zuleitung für das flüssige CO<sub>2</sub> und der Strahldüse auf. Diese Störkante kann z. B. an der Übergangsstelle zwischen dem Entspannungsraum und der Strahlleitung gebildet werden, wenn der Entspannungsraum seitlich in die Strahlleitung mündet. Weiterhin können solche Störkanten auch durch ein Innengewinde in einem den Entspannungsraum bildenden Rohrstutzen oder durch feste oder bewegliche Einbauten wie ein Flügelrad, eine Schnecke oder dergleichen im Entspannungsraum gebildet werden.

Zur Durchführung des Verfahrens eignet sich auch eine Strahlvorrichtung mit einer Quelle für flüssiges CO<sub>2</sub>, einer an die Quelle angeschlossenen Entspannungsdüse zur Erzeugung von Trockenschnee und einer an eine Druckquelle angeschlossenen zu einer Engstelle konvergierenden und von der Engstelle diver-

gierenden Strahldüse zur Beschleunigung des Trockenschnees, bei der die Entspannungsdüse stromaufwärts der Engstelle der Strahldüse angeordnet ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den  
5 Unteransprüchen angegeben.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn der Entspannungsraum unter einem Winkel von etwa 10 bis 90°, vorzugsweise 20 bis 45°, in Strömungsrichtung in die geradlinig durchgehende Strömungsleitung mündet. Bei dieser Konfiguration wird durch die Strömung des Trägergases eine gewisse Sogwirkung erzielt, und der Trockenschnee wird schonend in die in der Strahlleitung herrschende Strömungsrichtung umgelenkt. Da die Strömung des Trägergases in der Strahlleitung eine Komponente quer zur Längsrichtung des Entspannungsraumes hat, ist zu erwarten, daß sich zumindest im stromabwärtigen Bereich des Entspannungsraumes ein Wirbel bildet, der die Verweilzeit des Trockenschnees im Entspannungsraum verlängert und damit die Agglomeration bzw. das Wachstum der Partikel bzw. der Trockeneiskruste begünstigt. Bei kleinerem Durchmesser der Strahlleitung ist der Eintrittswinkel vorzugsweise spitzer, damit das Trockeneis nicht auf die gegenüberliegende Wand der Strahlleitung prallt.

20 In einer zweckmäßigen Ausführungsform liegt die Einmündungsstelle des Entspannungsraumes in der Strahlleitung in geringem Abstand stromaufwärts der Strahldüse.

25 Die Strahldüse weist vorzugsweise eine Engstelle auf, so daß das Trägergas und das Strahlmittel auf hohe Geschwindigkeit beschleunigt werden. Besonders bevorzugt ist die Ausbildung der Strahldüse als Laval-Düse, in der eine Beschleunigung annähernd Schallgeschwindigkeit oder Überschallgeschwindigkeit erreicht wird. Der Abstand zwischen der Mündung des Entspannungsraumes in die Strahlleitung und Engstelle der Strahldüse (14) sollte vorzugsweise größer  
30 sein als der Durchmesser der Strahlleitung.

Bei der Dimensionierung der Laval-Düse ist zu berücksichtigen, daß durch die Zufuhr von Trockeneis unmittelbar stromaufwärts der Düse die Temperatur des  
35 Mediums verringert und seine Dichte vergrößert wird, wodurch sich der Arbeitspunkt der Laval-Düse verschiebt. Um eine optimale Reinigungswirkung zu erzielen, sollte bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Querschnitt der Eng-



stelle der Laval-Düse größer gewählt werden als in dem Fall, daß das Medium mit gleichem Druck und Durchsatz ausschließlich über die Strahlleitung zugeführt wird. Außerdem wird durch die Sublimation von Trockenschnee das Gasvolumen vergrößert und eine Beschleunigung der Strömung vor, in oder hinter  
5 der Engstelle der Düse erreicht. Je nach Druckverhältnissen können auch Tropfen aus flüssigem CO<sub>2</sub> in die Strahlleitung oder die Strahldüse gelangen und erst dort verdampfen. Die Position, an der diese Verdampfung und/oder Sublimation stattfindet, läßt sich durch Regulieren der Trägergasströmung so einstellen, daß eine optimale Strahlgeschwindigkeit erreicht wird.

10 Wenn der Durchsatz des Trägergases zu groß ist, so daß sich vor der Strahldüse ein hoher Staudruck aufbaut, nimmt die Menge und die Reinigungswirksamkeit des erzeugten Trockenschnees ab. Deshalb ist es zweckmäßig, in der Strahlleitung stromaufwärts der Einmündungsstelle des Entspannungsraumes ein Drosselventil vorzusehen, mit dem sich der Durchsatz des Trägergases optimal ein-  
15 stellen läßt. Vorzugsweise ist auch in der Zuleitung für das flüssige CO<sub>2</sub> unmittelbar am Eintritt in die Strahlvorrichtung ein Dosierventil vorgesehen, so daß sich das Durchsatzverhältnis von Trägergas und CO<sub>2</sub> unmittelbar an der Strahlvorrichtung einstellen läßt.

20 All die vorgenannten Maßnahmen können zweckmäßig miteinander kombiniert werden.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird in die Trägergasströmung und/oder in den Entspannungsraum eine geringe Menge an Wasser oder  
25 eines anderen festen oder flüssigen Strahlmittels (z. B. feste Trockeneis-Pellets) eindosiert, um den Reinigungseffekt weiter zu steigern.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung näher erläutert.  
30

Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch eine Strahlvorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;  
35

Figur 2 einen Schnitt durch eine Strahlvorrichtung gemäß einem

abgewandelten Ausführungsbeispiel;

Figur 3 eine Detailvergrößerung zu Figur 2;

5      Figur 4 einen schematischen Schnitt durch eine sich stufenweise  
verjüngende Strahlleitung; und

Figuren 5 bis 7 Schnitte und eine Frontansicht einer Düse der Strahlvor-  
richtung.

10

Gemäß Figur 1 wird eine Strahlleitung 10 durch ein gerades zylindrisches Rohr gebildet, das einen Innendurchmesser DL von 39 mm hat. Ein Einlaß 12 der Strahlleitung ist mit einem nicht gezeigten Kompressor verbunden, über den Druckluft mit einem Druck von beispielsweise 1,1 MPa zugeführt wird. An die  
15      Mündung der Strahlleitung 10 ist eine als Laval-Düse ausgebildete Strahldüse 14 angekuppelt. Diese Strahldüse hat einen konvergierenden Abschnitt 16, dessen Innendurchmesser von 32 mm am stromaufwärtigen Ende auf 12,5 mm an einer Engstelle 18 abnimmt, und einen divergenten Abschnitt 20, dessen Innendurchmesser von der Engstelle 18 aus auf 19 mm am stromabwärtigen Ende zu-  
20      nimmt. Die Gesamtlänge LL der Strahldüse beträgt 224 mm. Die Länge LC des konvergierenden Abschnitts 16 beträgt 83 mm.

Eine Verbindungsmuffe 22 zwischen der Strahlleitung 10 und der Laval-Düse 14 hat einen Innendurchmesser von etwa 32 mm, entsprechend dem Einlaß-  
25      durchmesser der Strahldüse.

Unmittelbar stromaufwärts der Verbindungsmuffe 22 weist das die Strahlleitung 10 bildende Rohr einen Abzweig 24 auf, der unter einem Winkel von 45° in Strömungsrichtung in die Strahlleitung 10 mündet. Der Abstand D zwischen dem  
30      Abzweig 24 und der Einlaßöffnung der Strahldüse 14 beträgt etwa 66 mm. Stromaufwärts des Abzweigs 24 ist in der Strahlleitung 10 ein Drosselventil 26, beispielsweise ein Kugelhahn, angeordnet.

In den Abzweig 24 ist ein rohrförmiges Übergangsstück 28 eingeschraubt, dessen freies Ende über ein Reduzierstück 30 mit einer flexiblen Zuleitung 32 für flüssiges CO<sub>2</sub> verbunden ist.  
35

- Die Zuleitung 32 ist an eine nicht gezeigte Druckflasche angeschlossen, die einen Vorrat an CO<sub>2</sub> unter einem solchen Druck hält, daß das CO<sub>2</sub> bei Umgebungstemperatur flüssig bleibt. Dieser Druck beträgt beispielsweise bei einer Umgebungstemperatur von 20° C etwa 5,5 MPa. Die Zuleitung 32 hat einen Innendurchmesser von 3 mm. Das flüssige CO<sub>2</sub> strömt aufgrund des Druckgefälles, ohne das irgendwelche Fördereinrichtungen erforderlich sind, über die Zuleitung 32 aus. Der Durchsatz wird dabei durch den geringen Querschnitt der Zuleitung 32 begrenzt.
- 10 Das Übergangsstück 28 bildet einen Entspannungsraum 34, der zwei zylindrische Abschnitte 36, 38 mit unterschiedlichen Durchmessern aufweist. Der stromaufwärtige Abschnitt 36, der sich unmittelbar an die Zuleitung 32 anschließt, hat einen Innendurchmesser DC1 von 20 mm und eine Länge L1 von 85 mm. Über einen kurzen konischen Abschnitt schließt sich der stromabwärtige Abschnitt 38 mit einem Innendurchmesser DC2 von 32 mm und einer Länge L2 von 105 mm an. Die Gesamtlänge LE des Entspannungsraumes 34 beträgt somit 190 mm. Der Abzweig 24 hat einen Innendurchmesser DC3 von 39 mm, übereinstimmend mit dem Innendurchmesser DL der Strahlleitung 10.
- 20 An der Stelle, an der die Zuleitung 32 im Reduzierstück 30 in den Entspannungsraum 34 mündet, kann sich das flüssige CO<sub>2</sub> schlagartig entspannen. Dabei wird ein Teil des CO<sub>2</sub> verdampft. Durch die Verdampfung und durch die Druckentlastung kommt es zu einer Abkühlung, so daß ein anderer Teil des flüssigen CO<sub>2</sub>, der beim Eintritt in den Entspannungsraum fein zerstäubt wird, 25 zu feinen Trockenschnee-Partikeln kondensiert. Da die Querschnittsfläche des stromaufwärtigen Abschnitts 36 des Entspannungsraumes 34 etwa das 44-fache der Querschnittsfläche der Zuleitung 32 beträgt, durchströmt das Gemisch aus gasförmigem CO<sub>2</sub> und Trockenschnee den stromaufwärtigen Abschnitt 36 des Entspannungsraumes mit mäßiger Geschwindigkeit. Bei Eintritt in den stromabwärtigen Abschnitt 38 wird die Geschwindigkeit weiter reduziert. Auf ihrem Weg durch den verhältnismäßigen langen Entspannungsraum 34 können sich die feinen Trockeneis-Partikel zu größeren Partikeln zusammenballen (Agglomeration). Da bei Eintritt in den stromabwärtigen Abschnitt 38 die Strömungsgeschwindigkeit abnimmt und entsprechend der dynamische Druck zunimmt, können die Partikel zum Teil auch durch Rekondensation von gasförmigem CO<sub>2</sub> wachsen. Bei Eintritt in den nochmals erweiterten Abzweig 24 haben sich daher relativ große Trockenschnee-Partikel gebildet, die nun durch die Sog-
- 30  
35

wirkung der durch die Strahlleitung 10 strömenden Druckluft abgesaugt und zur Strahldüse 14 mitgenommen werden. In der Strahldüse 14 werden die Druckluft und der Trockenschnee auf hohe Geschwindigkeit, eventuell Überschallgeschwindigkeit beschleunigt, so daß ein Strahl mit hoher Reinigungswirkung aus der Strahldüse austritt. Wenn dieser Strahl auf eine zu reinigende Oberfläche gerichtet wird, wirkt der Trockenschnee als Strahlmittel, mit dem die Oberfläche effizient gereinigt werden kann.

In Versuchen hat sich gezeigt, daß die Reinigungswirkung des in dieser Weise erzeugten Strahls von der Dimensionierung des Entspannungsraumes 34 und vom Durchsatz der Druckluft durch die Strahlleitung 10 abhängt. Ohne Entspannungsraum ergibt sich eine deutlich verringerte Reinigungswirkung. Ebenso nimmt die Reinigungswirkung drastisch ab, wenn der Durchsatz der Druckluft durch die Strahlleitung 10 zu groß ist. Deshalb wird mit Hilfe des Drosselventils 26 der Durchsatz so dosiert, daß eine optimale Erzeugung von Trockenschnee und eine optimale Reinigungswirkung erzielt werden.

Das beschriebene Ausführungsbeispiel läßt sich in vielfältiger Weise abwandeln.

Beispielsweise ist es möglich, anstelle einer geraden Strahlleitung 10 eine abgewinkelte Strahlleitung zu verwenden, so daß der Entspannungsraum und der stromaufwärtige Abschnitt der Strahlleitung symmetrisch in den stromabwärtigen Abschnitt der Strahlleitung münden. Denkbar ist auch eine Anordnung, bei der die Strahlleitung 10 zu einem Ringraum erweitert ist, die den Entspannungsraum coaxial aufnimmt.

In einer anderen Ausführungsform kann zwischen der Stelle, an der der Entspannungsraum in die Strahlleitung mündet, und der Strahldüse 14 noch ein längerer Schlauchabschnitt vorgesehen sein.

Um größere Mengen an Trockenschnee zu erzeugen, ist es möglich, mehrere Zuleitungen 32 über jeweilige Entspannungsräume in die Strahlleitung 10 münden zu lassen. Die Einmündungen der Entspannungsräume in die Strahlleitung können dabei auf dem Umfang der Strahlleitung verteilt und/oder in Axialrichtung versetzt sein. Weiterhin ist es möglich, mehrere Zuleitungen 32 in einen gemeinsamen Entspannungsraum münden zu lassen.

Über die Strahlleitung 10 kann anstelle von Druckluft auch ein anderes Trägergas zugeführt werden. Diesem Trägergas oder der Druckluft kann auch ein anderes Strahlmittel zugesetzt sein. Ebenso ist es denkbar, zusätzliche feste oder flüssige Strahlmittel über seitliche Zuführungen in die Strahlleitung stromaufwärts oder stromabwärts des Abzweigs 24 oder gegebenenfalls auch in den Entspannungsraum 34 münden zu lassen.

Figur 2 zeigt eine Strahlvorrichtung gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel. Hier wird der Entspannungsraum 34 nur durch das Innere des Abzweigs 24 gebildet. Dieser Abzweig hat ein Innengewinde 40, in den das Reduzierstück 30 eingeschraubt ist. In der Zuleitung 32 ist in geringem Abstand stromaufwärts des Reduzierstücks 30 ein Dosierventil 42 angeordnet, mit dem sich der Durchsatz an flüssigem CO<sub>2</sub> einstellen läßt. Als günstig hat sich eine Einstellung erwiesen, bei der der Durchsatz an flüssigem CO<sub>2</sub> etwa 0,1 bis 0,3 kg pro Kubikmeter Trägergas (Luft) beträgt (der Trägergasdurchsatz bezieht sich auf das Trägergasvolumen unter Atmosphärendruck).

Der Teil der Strahlleitung 10, der den Abzweig 24 enthält, und der sich unmittelbar an das Reduzierstück 30 anschließende Abschnitt der Zuleitung 32 sind in eine Umhüllung 44 aus wärmeisolierendem Material eingebettet, die in der Zeichnung strichpunktiert angedeutet ist. Hierdurch wird zum einen die Handhabung der als Stahlpistole ausgebildeten Strahlvorrichtung erleichtert und zum anderen die thermische Isolierung des Entspannungsraumes 34 und des sich daran anschließenden Abschnitts der Zuleitung verbessert, so daß eine niedrigere Temperatur im Entspannungsraum erreicht wird.

In Figur 3 ist der Abzweig 24 vergrößert dargestellt. Man erkennt, daß das Innengewinde 40 über das Reduzierstück 30 hinausreicht und einen Teil der Innenwand des Entspannungsraumes 34 bildet. Der Strömungsweg für den Trockenschnee von der Mündung der Zuleitung 32 bis in die Strahlleitung 10 wird durch eine Anzahl von Störkanten begrenzt. Eine erste Störkante wird unmittelbar durch die abrupte Querschnittserweiterung von der Zuleitung 32 auf den Innenquerschnitt des Entspannungsraumes 34 an der Innenfläche des Reduzierstücks 30 gebildet. Weitere Störkanten befinden sich an der Einmündungsstelle des Abzweigs 24 in die Strahlleitung 10. Schließlich wirken auch die Gewindegänge des Innengewindes 40 als Störkanten. Diese Störkanten bewirken eine Verwirbelung des Trockenschnees, der sich im Entspannungsraum 34 bildet,

und insbesondere das Innengewinde 40 begünstigt das Anhaften des Trockenschnees an den Wänden des Abzweigs 24, so daß sich im Entspannungsraum und teilweise auch in der Strahlleitung 10 eine verhältnismäßig kompakte, jedoch brüchige Kruste 46 aus Trockeneis bildet. Das aus der Zuleitung 34 verdünste und dabei verdampfende CO<sub>2</sub> bahnt sich einen Weg durch die Trockeneiskruste. Dadurch und durch das Trägergas, das in der Strahlleitung 10 mit hoher Geschwindigkeit an der Kruste 46 aus Trockeneis vorbeiströmt, werden ständig kleine Partikel aus Trockeneis aus der Kruste herausgelöst. Diese verhältnismäßig grobkörnigen und festen Partikel bilden dann ein sehr wirksames Strahlmittel, durch das eine hohe Reinigungswirkung der Strahlvorrichtung erreicht wird. Diese Trockeneispartikel können auch auf dem Weg durch die Strahldüse 14 noch weiter anwachsen, da sie dort von dem Trägergas umströmt und beschleunigt werden, das feinere Trockenschnee-Partikel enthält. Der genaue Ort, an dem die Agglomeration des Trockeneises und die Bildung der Kruste 46 stattfindet, ist von den jeweiligen Verfahrensbedingungen abhängig und kann sich (in beiden Richtungen) mehr oder weniger tief in die Strahlleitung 10 und gegebenenfalls die Strahldüse 14 verlagern.

Der Entspannungsraum 34 hat im gezeigten Beispiel den gleichen Innendurchmesser wie die Strahlleitung 10, kann jedoch wahlweise auch einen kleineren Innendurchmesser haben. Auch der Winkel, unter dem der Abzweig 24 in die Strahlleitung 10 mündet, kann variiert werden, vorzugsweise im Bereich zwischen 20 und 45°.

Bei dem in Figur 2 gezeigten Beispiel beträgt die Länge LE des Entspannungsraumes (auf der Mittelachse gemessen) etwa 49 mm, und der Durchmesser DC3 des Entspannungsraumes beträgt 32 mm. Der Entspannungsraum 34 hat dann ein Volumen V von etwa 39 cm<sup>3</sup>. Wenn die Zuleitung 32 einen Innenquerschnitt von etwa 7 mm<sup>2</sup> hat, entsprechend einem Durchmesser von 3 mm, beträgt das Verhältnis  $V^{1/3}/A^{1/2}$  etwa 12,8. Der Luftdurchsatz durch die Strahlleitung 10 beträgt in der Praxis vorzugsweise etwa 3 - 10 m<sup>3</sup>/min, mit einem Optimum bei etwa 4,5 m<sup>3</sup>/min. Bei einem Verhältnis CO<sub>2</sub> zu Luft von 0,3 kg/m<sup>3</sup> betragen die entsprechenden Durchsätze  $\varphi$  des CO<sub>2</sub> etwa 0,0015 kg/s bis 0,05 kg/s bzw. 0,023 kg/s für das Optimum. Die entsprechenden Werte für das Verhältnis  $V/\varphi$  sind dann 0,0026 - 0,0008 m<sup>3</sup> s/kg bzw. 0,0018 m<sup>3</sup> s/kg für das Optimum. Die Engstelle 18 der Strahldüse 14 hat einen Durchmesser von 13,1.

Bei einer weiteren, nicht gezeigten Ausführungsform hat die Strahlleitung 10 einen kleineren Innendurchmesser von 12,7 mm, der Durchmesser DC3 des Entspannungsraumes 34 beträgt ebenfalls 12,7 mm, und die Länge LE des Entspannungsraumes beträgt etwa 37 mm. In diesem Fall hat der Entspannungsraum ein Volumen V von etwa 4,7 cm<sup>3</sup>. Der Luftdurchsatz liegt dann bei vorzugsweise zwischen 1,5 und 2,5 m<sup>3</sup>/min. Wenn das Verhältnis von CO<sub>2</sub> zu Luft wieder 0,3 kg/m<sup>3</sup> beträgt, erhält man für das Verhältnis  $V/\phi$  einen Wert zwischen 0,00062 und 0,00037 m<sup>3</sup> s/kg. Der Wert  $V^{1/3}/A^{1/2}$  beträgt in diesem Falle etwa 6,3. Die Engstelle 18 der Strahldüse 14 hat in diesem Fall einen vorzugsweise Durchmesser von 8 mm.

Unter diesen Umständen kann stromabwärts der Strahldüse 14 Überschallgeschwindigkeit erreicht werden.

15 Zur Geräuscheminderung ist es zweckmäßig, an der Mündung der Strahldüse einen Schalldämpfer anzubringen.

Während bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen der Innenquerschnitt der Strahlleitung 10 im wesentlichen konstant bleibt, sind auch Ausführungsformen möglich, bei denen dieser Innenquerschnitt variiert. Beispielsweise kann sich der Innenquerschnitt der Strahlleitung in der in Figur 4 gezeigten Weise in zwei Stufen, jedoch mit fließenden Übergängen verengen. Mögliche Positionen für den Abzweig 24 sind ebenfalls in Figur 4 eingezeichnet.

25 Wie aus den obigen Beispielen hervorgeht, sollte der Entspannungsraum ein nicht zu kleines Volumen und insbesondere eine nicht zu kleine Länge haben. In einer derzeit als bevorzugt angesehenen Ausführungsform beträgt die Länge des Entspannungsraumes 100 mm oder mehr.

30 Während in den gezeigten Beispielen die Zuleitung 32 einen Innendurchmesser von 3 mm hat, sind auch Ausführungsformen denkbar, bei denen die Zuleitung 32 stromaufwärts oder vorzugsweise an der Einmündung in den Entspannungsraum 34 eine Engstelle mit einem Durchmesser auf von nur 1,0 oder 1,3 mm aufweist.

35

Für die Zufuhr des flüssigen CO<sub>2</sub> über die Zuleitung 32 kann wahlweise auch ein Kalttank vorgesehen sein, in dem das CO<sub>2</sub> bei einer Temperatur von etwa

- 20 °C unter einem Druck von weniger als 2,2 MPa, beispielsweise etwa 1,8 MPa, flüssig gehalten wird.

Figuren 5 bis 7 zeigen eine modifizierte Ausführungsform der Strahldüse 14, die die Funktion einer Laval-Düse hat, jedoch als Flachdüse ausgebildet ist und es gestattet, einen fächerförmig aufgeweiteten Strahl zu erzeugen, der über seine Breite ein relativ gleichmäßiges Dichte- und Geschwindigkeitsprofil aufweist. Diese Strahldüse weist stromaufwärts einen zylindrischen Abschnitt 14a mit der Länge  $L_a$  und dem Innendurchmesser  $D_a$  auf, an den sich ein Übergangsstück 14b mit der Länge  $L_b$  anschließt. Stromabwärts folgt ein abgeflachter Abschnitt 14c mit der Länge  $L_c$ , der einen rechteckigen Innenquerschnitt hat. Das Übergangsstück 14b dient zur Anpassung des zylindrischen Innenquerschnitts des Abschnitts 14a an den rechteckigen Innenquerschnitt des Abschnitts 14c. Dieser rechteckige Innenquerschnitt hat eine im wesentlichen konstante Breite  $W$  und eine Höhe, die von einem Wert  $H_1$  an der Engstelle, am Ende des Übergangsstücks 14b, auf einen etwas größeren Wert  $H_2$  an der Mündung zunimmt. Auf diese Weise wird die Querschnittserweiterung entsprechend dem Laval-Prinzip erreicht, obgleich die Breite  $W$  praktisch konstant ist. Allenfalls im Mündungsbereich kann die Breite  $W$  geringfügig zunehmen.

20

In einer praktischen Ausführungsform hat die Strahldüse 14 nach Figuren 7 bis 7 die folgenden Abmessungen:

	$L_a$	=	55 mm
25	$L_b$	=	55 mm
	$L_c$	=	130 mm
	$D_a$	=	27 mm
	$W$	=	45 mm
	$H_1$	=	3,0 - 4,0 mm
30	$H_2$	=	7,5 mm

In einer anderen Ausführungsform gilt für die Abmessungen:

	$L_a$	=	34 mm
35	$L_b$	=	76 mm
	$L_c$	=	130 mm
	$D_a$	=	12 mm
	$W$	=	16 mm



- 15 -

H1 = 2,25-2,60 mm

H2 = 3,75 mm.

5 In dem abgeflachten Abschnitt 14c weist die Innenfläche Unebenheiten auf, die im gezeigten Beispiel durch Längsrippen 14d gebildet werden. Solche Unebenheiten führen insbesondere im Überschallbetrieb zu einer deutlichen Reduzierung der Lärmbelastung.

10

15

20

25

30

35

## PATENTANSPRÜCHE

1. Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung (10) zu einer Strahldüse (14) zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung (32) zugeführt, durch Entspannung in Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung (10) eingespeist wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß das CO<sub>2</sub> aus der Zuleitung (32) über einen im Querschnitt erweiterten Entspannungsraum (34) in die Strahlleitung (10) eingeleitet wird und für das Volumen V des Entspannungsraumes und die Innenquerschnittsfläche A der Zuleitung (32) die Beziehung  $V^{1/3}/A^{1/2} > 3$  erfüllt ist.
2. Strahlverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für das Volumen V des Entspannungsraumes und die Innenquerschnittsfläche A der Zuleitung (32) die Beziehung  $V^{1/3}/A^{1/2} > 10$  erfüllt ist.
3. Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung (10) zu einer Strahldüse (14) zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung (32) zugeführt, durch Entspannung in Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung (10) eingespeist wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß das CO<sub>2</sub> aus der Zuleitung (32) über einen im Querschnitt erweiterten Entspannungsraum (34) in die Strahlleitung (10) eingeleitet wird, daß das Durchsatzverhältnis zwischen CO<sub>2</sub> und Trägergas mindestens 0,1 kg/m<sup>3</sup>, vorzugsweise mindestens 0,25 kg/m<sup>3</sup> beträgt.
4. Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, insbesondere nach Anspruch 3, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung (10) zu einer Strahldüse (14) zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung (32) zugeführt, durch Entspannung in Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung (10) eingespeist wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß das CO<sub>2</sub> aus der Zuleitung (32) über einen im Querschnitt erweiterten Entspannungsraum (34) in die Strahlleitung (10) eingeleitet wird und daß das Verhältnis zwischen dem Volumen V des Entspannungsraumes (34) und dem Durchsatz an CO<sub>2</sub> mindestens 0,0002 m<sup>3</sup> s/kg beträgt.
5. Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung (10) zu einer Strahldüse (14) zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung (32) zugeführt, durch Entspannung in

- 5 Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung (10) eingespeist wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß das CO<sub>2</sub> aus der Zuleitung (32) über einen im Querschnitt erweiterten Entspannungsraum (34) in die Strahlleitung (10) eingeleitet wird und daß der Entspannungsraum (34) thermisch gegenüber der Umgebung isoliert wird.
6. Stahlverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß auch der sich an den Entspannungsraum (34) anschließende Abschnitt der Zuleitung (32) thermisch gegenüber der Umgebung isoliert wird.
- 10 7. Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung (10) zu einer Strahldüse (14) zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung (32) zugeführt, durch Entspannung in Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung (10) eingespeist wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß das CO<sub>2</sub> aus der Zuleitung (32) über einen im Querschnitt erweiterten Entspannungsraum (34) in die Strahlleitung (10) eingeleitet wird und daß durch im Entspannungsraum oder am stromabwärtigen Ende desselben angeordnete Störkanten (40) eine Ablagerung von festem Trockeneis an den Wänden des Entspannungsraumes (34) und/oder der Strahlleitung (10) herbeigeführt wird.
- 15 20 8. Strahlverfahren zur Reinigung von Oberflächen, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Trägergas unter Druck durch eine Strahlleitung (10) zu einer Strahldüse (14) zugeführt wird und flüssiges CO<sub>2</sub> über eine Zuleitung (32) zugeführt, durch Entspannung in Trockenschnee umgewandelt und in die Strahlleitung (10) eingespeist und über eine Strahldüse (14) abgegeben wird, die eine Engstelle (18) aufweist, dadurch **gekennzeichnet**, daß das CO<sub>2</sub> aus der Zuleitung (32) über einen im Querschnitt erweiterten Entspannungsraum (34) in die Strahlleitung (10) eingeleitet wird, so daß im Entspannungsraum ein Gemisch aus gasförmigem, flüssigem und festem CO<sub>2</sub> entsteht und ein Teil der festen und flüssigen Anteile in der Strahlleitung oder der Strahldüse verdampft, und daß durch Regulierung der Trägergasströmung die Position der Verdampfungszone relativ zur Engstelle (18) bestimmt wird.
- 25 30 35 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömung des Trägergases stromaufwärts der Einmündungsstelle des Entspannungsraumes (34) in die Strahlleitung (10) mit Hilfe eines Drossel-

ventils (26) gedrosselt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägergas mit einem Druck von mindestens 0,1 MPa, vorzugsweise etwa 1,0 bis 2,0 MPa  
5 zum Drosselventil (26) zugeführt wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das CO<sub>2</sub> bei Umgebungstemperatur unter einem zur Aufrechterhaltung des flüssigen Aggregatzustands erforderlichen Druck über die Zuleitung (32) zu-  
10 geführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das CO<sub>2</sub> bei einer Temperatur von weniger als -15 °C unter einem zur Aufrechterhaltung des flüssigen Aggregatzustands erforderlichen Druck über die  
15 Zuleitung (32) zugeführt wird.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gemisch aus Trägergas und Trockenschnee in der Strahldüse (14) auf mindestens annähernd Schallgeschwindigkeit beschleunigt wird.  
20

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Entspannungsraum (34) eine Länge von mindestens 15 mm, vorzugsweise mindestens 49 mm hat.

25 15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit einer Strahlleitung (10) zur Zufuhr eines Trägergases und einer Zuleitung (32) für flüssiges CO<sub>2</sub>, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Zuleitung (32) mit der Strahlleitung (10) über einen Entspannungsraum (34) verbunden ist und für das Volumen V des Entspannungsraumes und die Innenquerschnittsfläche A der Zuleitung (32) die Beziehung  $V^{1/3}/A^{1/2} > 3$  erfüllt ist.  
30

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des Entspannungsraums (34) von der Zuleitung (32) zur Strahlleitung (10) zunimmt.  
35

17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit einer Strahlleitung (10) zur Zufuhr eines Trägergases und einer Zu-

5 leitung (32) für flüssiges CO<sub>2</sub>, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Zuleitung (32) mit der Strahlleitung (10) über einen Entspannungsraum (34) verbunden ist und daß im Entspannungsraum (34) und/oder an der Übergangsstelle zwischen dem Entspannungsraum (34) und dem Inneren der Strahlleitung (10) mindestens eine Störkante (40) ausgebildet ist.

10 18. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit einer Strahlleitung (10) zur Zufuhr eines Trägergases und einer Zuleitung (32) für flüssiges CO<sub>2</sub>, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Zuleitung (32) mit der Strahlleitung (10) über einen Entspannungsraum (34) verbunden ist und daß zumindest der Entspannungsraum (34) von einer wärmeisolierenden Umhüllung (44) umgeben ist.

15 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenquerschnitt eines stromabwärtigen Abschnitts (38) des Entspannungsraumes (34) annähernd mit dem Innenquerschnitt der Strahlleitung (10) übereinstimmt.

20 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Entspannungsraum (34) von einer Seite her in einen geraden Abschnitt der Strahlleitung (10) mündet.

25 21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Entspannungsraum (34) unter einem Winkel von 5 bis 90° in Strömungsrichtung in die Strahlleitung (10) mündet.

30 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Entspannungsraum (34) eine Länge von mindestens 15 mm, vorzugsweise mindestens 49 mm hat.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß an das stromabwärtige Ende der Strahlleitung (10) eine konvergent/divergente Düse, vorzugsweise eine Laval-Düse als Strahldüse (14) angeschlossen ist.

35 24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser der Strahldüse (14) an ihrer Einlaßöffnung etwa mit dem Innendurchmesser der Strahlleitung (10) übereinstimmt und daß der Innendurchmes-

ser einer Engstelle (18) der Strahldüse etwa 15 bis 75%, vorzugsweise etwa 35 bis 45 % des Durchmessers der Einlaßöffnung beträgt.

25. Vorrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß der  
5 Abstand zwischen der Mündung des Entspannungsraumes (34) in die Strahlleitung (10) und Engstelle (18) der Strahldüse (14) größer ist als der Durchmesser (DL) der Strahlleitung (10).

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet,  
10 daß in der Strahlleitung (10) stromaufwärts der Einmündungsstelle des Entspannungsraumes (34) ein Drosselventil (26) angeordnet ist.

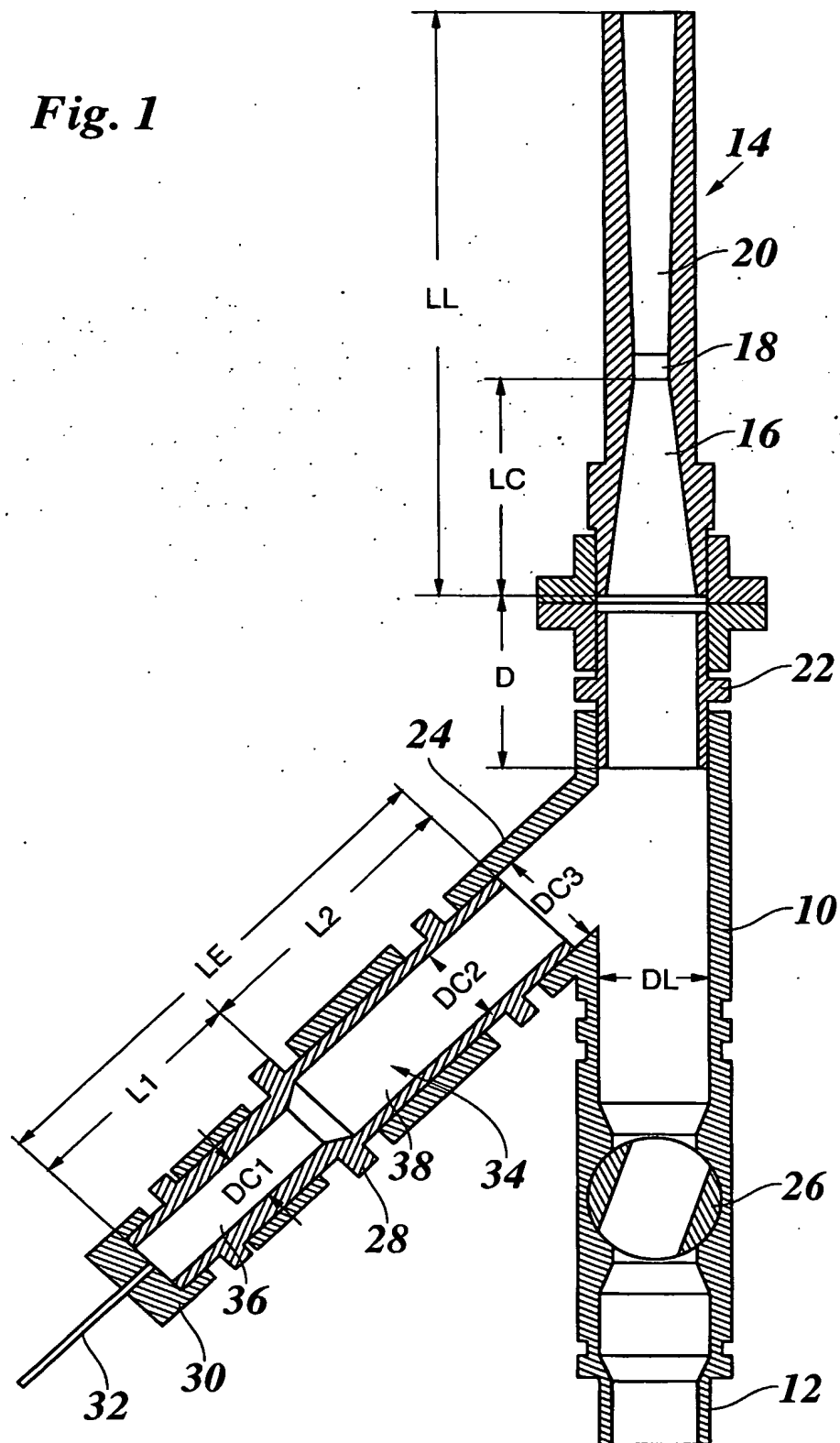
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet,  
15 daß in der Zuleitung (32) unmittelbar stromaufwärts des Entspannungsraumes (34) ein Dosierventil (42) angeordnet ist.

28. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit einer Strahlleitung (10) zur Zufuhr eines Trärgases und einer Zuleitung (32) für flüssiges CO<sub>2</sub>, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Zuleitung (32)  
20 mit der Strahlleitung (10) über einen Entspannungsraum (34) verbunden ist, dessen Länge mindestens 15 mm, vorzugsweise mindestens 30 mm beträgt.

29. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit einer Quelle (40) für flüssiges CO<sub>2</sub>, einer an die Quelle angeschlossenen Entspannungsdüse (32') zur Erzeugung von Trockenschnee und einer an eine Druckquelle angeschlossenen zu einer Engstelle (18) konvergierenden und von der Engstelle divergierenden Strahldüse (14) zur Beschleunigung des Trockenschnees, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Entspannungsdüse (32')  
25 stromaufwärts der Engstelle (18) der Strahldüse (14) angeordnet ist.

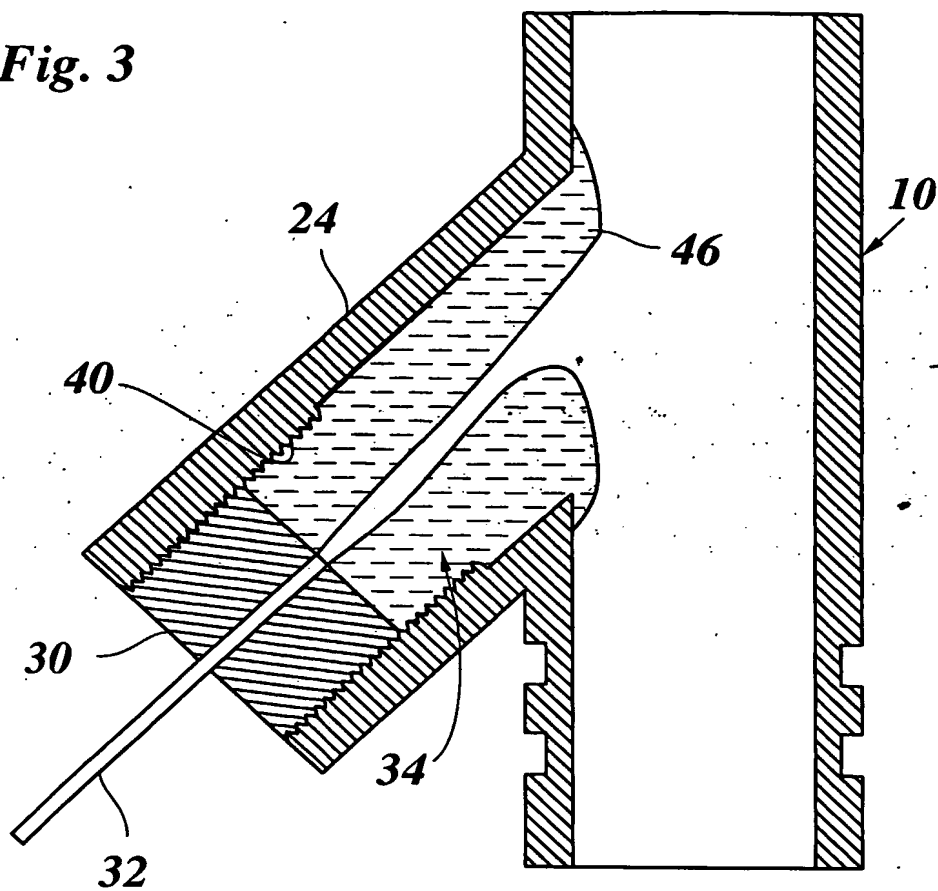
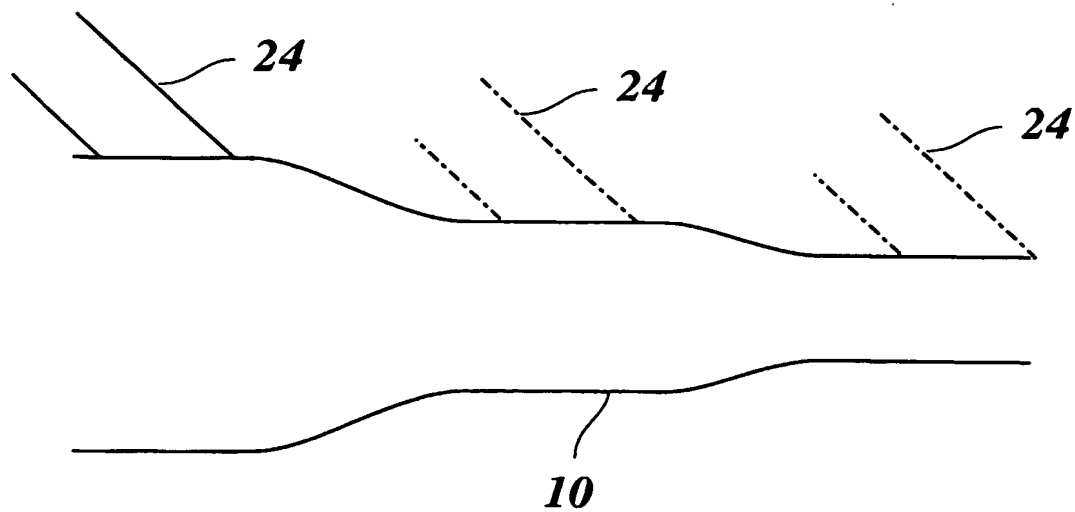
30. Strahlvorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahldüse (14) eine Flachdüse ist, mit einem zylindrischen Abschnitt (14a), einem Übergangsstück (14b) und einem abgeflachten Abschnitt (14c), der einen annähernd rechteckigen Innenquerschnitt aufweist.  
30  
35

1/4

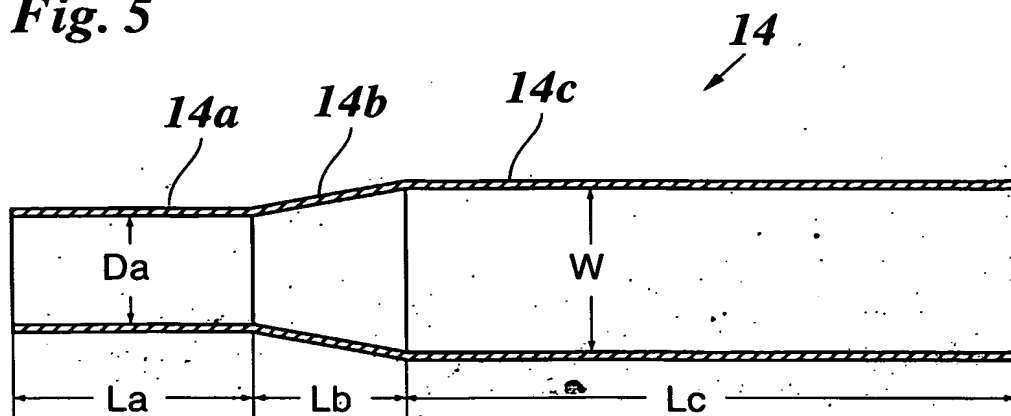
*Fig. 1*



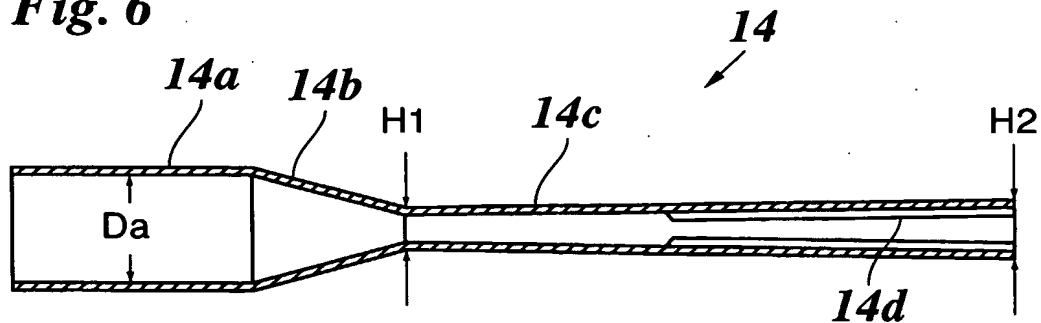


**Fig. 3****Fig. 4**

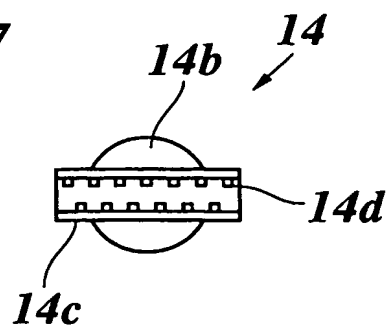
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/07011

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B24C1/00 B24C5/04 B24C7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B24C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 125 979 A (SWAIN EUGENE A ET AL) 30 June 1992 (1992-06-30) column 4, line 39 - line 57 column 5, line 14 - line 20 column 5, line 58 - column 6, line 13 column 6, line 18 - line 20 column 6, line 40 - line 44 column 9, line 9 - line 15 column 9, line 21 - line 23 figure 1	1, 2, 15
A	US 4 038 786 A (FONG CALVIN C) 2 August 1977 (1977-08-02) abstract figure 1	1

☐

Further documents are listed in the continuation of box C.

☒

Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 September 2003

Date of mailing of the international search report

13/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eder, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 03/07011

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☒ Claims Nos.: 3-14, 17-30  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

**see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210**

3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## Continuation of Box I.2

Claims: 3-14, 17-30

Claims 1, 3, 4, 5, 7, 8 and 15, 17, 18, 28 and 29 are worded as independent method and device claims.

In light of the large number and also the wording of the independent claims, which makes it difficult, if not impossible, to identify the scope of protection sought, the present application does not meet the requirements of PCT Article 6 (cf. also PCT Rule 6.1(a)) such that it is not possible to carry out a meaningful search. The search was therefore restricted to the parts of the claims which appear to be clear and concise in the above sense, namely the parts relating to claims 1, 2, 15 and 16.

The applicant is advised that claims, or parts of claims, relating to inventions in respect of which no international search report has been established cannot normally be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)). In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subjects that have not been searched. This also applies to cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/07011

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5125979	A	30-06-1992	JP 3161473 B2 JP 4253331 A	25-04-2001 09-09-1992
US 4038786	A	02-08-1977	AU 8522475 A CA 1027760 A1 DE 2543019 A1 DE 7530541 U1 GB 1468495 A IT 1044625 B SE 413380 B SE 7510770 A FR 2285961 A1 JP 51060095 A NO 753090 A , B,	31-03-1977 14-03-1978 08-04-1976 19-03-1981 30-03-1977 21-04-1980 27-05-1980 29-03-1976 23-04-1976 25-05-1976 30-03-1976

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07011

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B24C1/00 B24C5/04 B24C7/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B24C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
X	US 5 125 979 A (SWAIN EUGENE A ET AL) 30. Juni 1992 (1992-06-30) Spalte 4, Zeile 39 - Zeile 57 Spalte 5, Zeile 14 - Zeile 20 Spalte 5, Zeile 58 - Spalte 6, Zeile 13 Spalte 6, Zeile 18 - Zeile 20 Spalte 6, Zeile 40 - Zeile 44 Spalte 9, Zeile 9 - Zeile 15 Spalte 9, Zeile 21 - Zeile 23 Abbildung 1	1, 2, 15
A	US 4 038 786 A (FONG CALVIN C) 2. August 1977 (1977-08-02) Zusammenfassung Abbildung 1	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eder, R

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 03/07011

## Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich \_\_\_\_\_
  
2. ☒ Ansprüche Nr. 3-14, 17-30  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich  
siehe Zusatzblatt WEITERE ANGABEN PCT/ISA/210
  
3. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

## Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
  
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_
  
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt: \_\_\_\_\_

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.



WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Fortsetzung von Feld I.2

Ansprüche Nr.: 3-14, 17-30

Ansprüche 1, 3, 4, 5, 7, 8 und 15, 17, 18, 28, 29 wurden als unabhängige Verfahrens- bzw. Vorrichtungsansprüche formuliert.

Angesichts der großen Zahl wie auch des Wortlauts der unabhängigen Patentansprüche, welche es damit erschweren wenn nicht gar unmöglich machen, den durch sie erstrebten Schutzzumfang zu bestimmen, entspricht die vorliegende Patentanmeldung den Anforderungen des Artikels 6 PCT (vgl. auch Regel 6.1(a) PCT) in einem Maße nicht, daß eine sinnvolle Recherche undurchführbar ist. Daher wurde die Recherche auf die Teile der Patentansprüche gerichtet, welche im o.a. Sinne als deutlich und knapp gefasst erscheinen, nämlich die Teile betreffend, die Ansprüche 1, 2, 15 und 16.

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß Patentansprüche, oder Teile von Patentansprüchen, auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, daß die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, daß der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäß Kapitel II PCT neue Patentansprüche vorlegt.

# INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5125979	A	30-06-1992	JP	3161473 B2	25-04-2001
			JP	4253331 A	09-09-1992
US 4038786	A	02-08-1977	AU	8522475 A	31-03-1977
			CA	1027760 A1	14-03-1978
			DE	2543019 A1	08-04-1976
			DE	7530541 U1	19-03-1981
			GB	1468495 A	30-03-1977
			IT	1044625 B	21-04-1980
			SE	413380 B	27-05-1980
			SE	7510770 A	29-03-1976
			FR	2285961 A1	23-04-1976
			JP	51060095 A	25-05-1976
			NO	753090 A ,B,	30-03-1976

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**